

*В.Н. ХМЕЛЕВЦОВ, Е.В. КОНОПЛЯНЧЕНКО*

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СБОРОЧНЫХ СИСТЕМ ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СТЕПЕНЬЮ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

В статье проведен анализ методов агрегатирования. Рассмотрены особенности применения метода дифференцирования и концентрации операций технологического процесса. Указаны пути повышения эффективности производства.

У статті проведений аналіз методів агрегування. Розглянуто особливості застосування методу диференціації й концентрації операцій технологічного процесу. Зазначено шляхи підвищення ефективності виробництва.

The analysis building - block design methods is lead in the paper. Habits of application of differentiation and concentration technological process operations method are observed. Ways of raise of a production efficiency are specified.

Сборка – заключительный и определяющий этап производственного процесса, от выполнения которого в значительной степени зависит качество машин. Трудоемкость сборки составляет 25...60% от трудоемкости изготовления изделий. В настоящее время механизировано около 35%, а автоматизировано до 12% сборочных работ. Постоянное совершенствование и усложнение конструкций машин приводит к увеличению трудоемкости, повышению требований к надежности и качеству сборки [1].

Вопросами автоматизации производства занимались ведущие отечественные ученые: Б.С.Балакшин, Л.И.Волкевич, Н.В.Захаров, В.С.Корсаков, М.С.Лебедевский, А.Н.Малов, М.П.Новиков, А.И.Федотов, Г.А.Шаумян и др.

Главной особенностью автоматизированного производства является дифференциация технологического процесса и концентрация операций.

Дифференциацией операций называется построение операций из небольшого числа простых технологических переходов. Концентрацией операций называется соединение нескольких простых технологических переходов в одну сложную операцию. [2].

К преимуществам дифференциации технологического процесса относится повышение специализации и производительности труда сборочного персонала, сокращаются сроки освоения работы на каждой операции. К недостаткам дифференциации относят то, что излишняя ее степень ведет к снижению производительности процесса вследствие потерь времени на установку и снятие собираемого элемента (растет доля вспомогательного времени и общей трудоемкости сборки).

Преимуществами концентрации технологического процесса является то, что вследствие объединения операций повышается производительность обработки за счет совмещения во времени нескольких технологических переходов и соответствующего сокращения общего основного времени  $T_{ц}$ . К недостаткам относят то, что при построении операций по принципу концентрации возрастают требования к точности и технологическим возможностям станков и к квалификации рабочих.

Определение оптимальной степени дифференциации и концентрации операций технологического процесса является актуальной задачей. Рассмотрим зависимость производительности многопозиционных машин и автоматических линий от степени дифференциации и концентрации технологического процесса. Дифференциация технологического процесса осуществляется равномерной разбивкой по операциям [4].

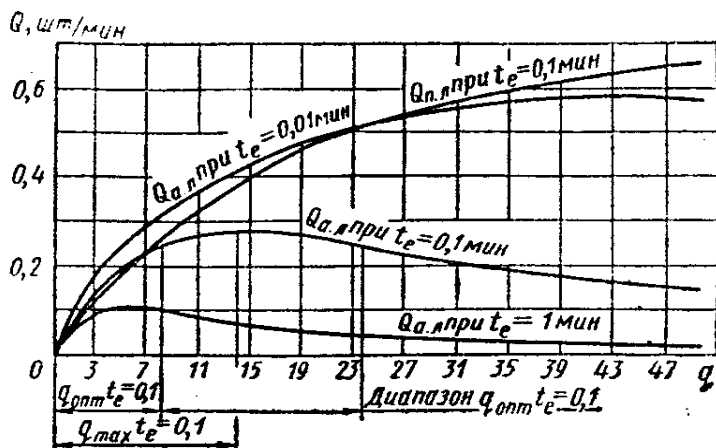


Рис. 1. Производительность самостоятельно работающих машин поточной линии ( $Q_{п.л.}$ ) и машин соединенных в автоматическую линию ( $Q_{а.л.}$ ) [4].

На (рис.1) представлена производительность группы машин и автоматической линии. Кривые показывают, что с увеличением степени дифференциации и концентрации операций производительность автоматической линии растет. Но этот рост непропорционален и начиная с некоторого его значения, производительность снижается вследствие влияния внецикловых потерь. В тоже время производительность группы из нескольких однопозиционных машин неуклонно возрастает, приближаясь к пределу, который определяется длительностью холостых ходов рабочего цикла и внецикловых потерь [1, 2, 5]

Производительность машин последовательного агрегатирования определяется по формуле: [4].

$$Q_q = \frac{qK_o}{1 + qK_o(t_x + qt_e) + qK_o \sum C_i} \quad (1)$$

где:  $q$  – количественно последовательно расположенных машин (позиций), на которых дифференцирован технологический процесс;

$K_o$  – технологическая производительность всего процесса до его дробления;

$t_x$  – время холостого хода;

$t_e$  – потери по оборудованию;

$\sum C_i$  – потери по инструменту.

Взяв в основу расчетное уравнение производительности последовательного агрегатирования рабочей машины, проанализируем характер влияния различных факторов на величину производительности.

Кривая на (рис.2) характеризует зависимость производительности от числа рабочих позиций  $q$  (при условиях, что  $K_o = 0,75$  шт./мин;  $t_x = 0,5$ с;  $t_e = 5$ с;  $\sum C_i = 0,066$ с.). При последовательном агрегатировании увеличение количества позиций сопровождается ростом производительности  $Q_q$  лишь до определенного предела, после чего возрастание  $q$  ведет к снижению производительности.

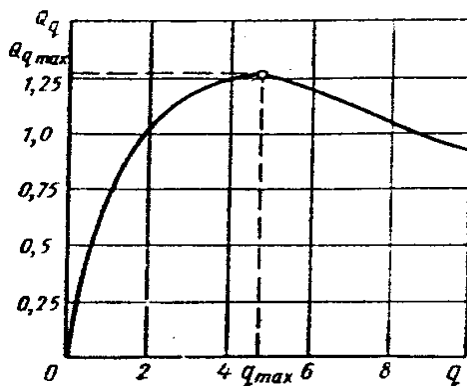


Рис. 2. Производительность последовательно агрегатированных автоматов в зависимости от  $q$  [4].

Как видно, максимум производительности обеспечивается при значении  $q_{max}=4$ , то есть при данной технологической производительности  $K_o$  и при данных значения  $t_x$ ;  $t_e$  и  $\sum C_i$ ; теоретическое максимальное количество позиций равно 4. При меньшем или большем значении  $q$  производительность машины будет ниже. Если однопозиционный автомат ( $q=1$ ) может обеспечить  $Q=0,7$  шт./мин, то четырехпозиционный ( $q=4$ ) – почти вдвое большую ( $Q=1,2$  шт./мин), но не четырехкратную.

К системам последовательного агрегатирования относится большинство автоматических линий в машиностроении. Одним из важнейших факторов,

ограничивающим применение машин последовательного действия с высокой степенью дифференциации технологического процесса, является снижение точности при увеличении числа рабочих позиций.

Машины параллельного агрегатирования имеют большое разнообразие вариантов компоновки. Однако, несмотря на внешние различия в конструкции и в компоновке, все они работают по общим законам агрегатирования рабочих машин. Как показывают кривые на (рис.3) в противоположность последовательному агрегатированию, кривая производительности машин параллельного агрегатирования точки максимума не имеет. Рост производительности замедляется, постепенно приближаясь к некоторому пределу, величину которого можно определить при условии  $p \rightarrow \infty$ : [4].

$$Q_{p\max} = \lim_{p \rightarrow \infty} \frac{pK_o}{1 + K_o t_x + pK_o(t_e + \sum C_i)} = \frac{1}{t_e + \sum C_i} \quad (2)$$

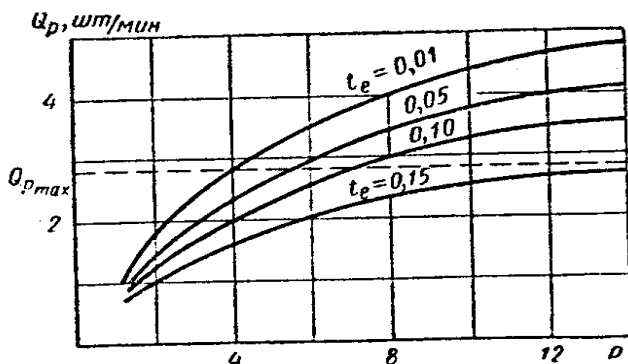


Рис. 3. Производительность машин параллельного агрегатирования  $Q_p$  в зависимости от числа параллельных позиций [4].

Смешанное агрегатирование является комбинацией последовательного и параллельного. Такое комбинирование совмещение рабочих операций очень часто приводит к еще большему увеличению производительности машин. Аналитическое выражение производительности машины смешанного агрегатирования описывается моделью:

$$Q_{pq} = \frac{pqK_o}{1 + qK_o t_x + pqK_o(\sum C_i + qt_e)} \quad (3)$$

Кривая на (рис.4) производительности машин параллельно – последовательного агрегатирования показывает, что имеется максимум производительности при некотором значении  $q_{\max}$ . При этом чем больше число параллельных потоков, тем выше производительность и ниже значение  $q_{\max}$ . И если в однопоточных машинах неправильное назначения числа последовательных позиций  $q$  в некоторых пределах почти не оказывает

влияния на производительность, то в многопоточных машинах малейшая ошибка может привести к значительному значению производительности по сравнению с возможным уровнем.

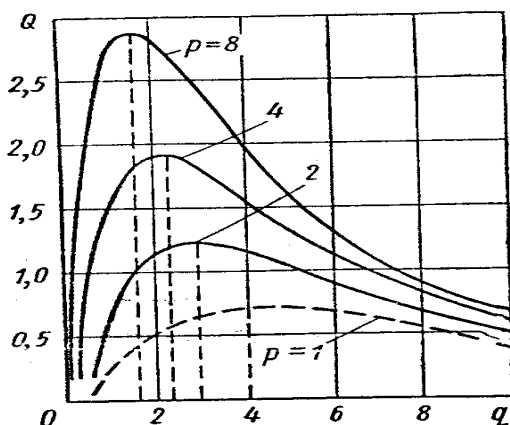


Рис. 4. Производительность машин последовательно – параллельного агрегирования в зависимости от числа последовательных позиций и параллельных потоков [4].

Профессором Захаровым Н.В. было указано, что одним из путей оптимизации технических процессов по производительности является рациональное построение производственных структур с учетом концентрации и дифференциации технологических операций требующих дальнейшего развития.

Представим один из возможных вариантов цикловой производительности автоматизированного комплекса: [1].

$$Q_{\text{ц}} = \frac{1}{t_{\text{он}} / g + g_o t_{\text{ном}}}, \quad (4)$$

где  $t_{\text{он}}$  – суммарное оперативное время при выполнении технологического процесса;  $g$  – количество операций, на которое дифференцируется технологический процесс;  $g_o$  – количество автоматических устройств, влияющих на  $t_{\text{пот}}$ ;  $t_{\text{пот}}$  – средние внецикловые потери времени автоматических устройств выполняющих одну операцию.

Сделав анализ выражения (4) получается, что если  $g_o = g$ , взяв производную  $dQ_{\text{ц}}/dg$  и приравняв к нулю, получим оптимальное число операций, на которые целесообразно дифференцировать технологический процесс:

$$g_{\text{онм}} = \sqrt{\frac{t_{\text{он}}}{t_{\text{ном}}}}$$

Если  $g_o \neq g$ , то функция  $Q_{\text{ц}}$  может не иметь оптимального значения.

Если  $g_0=1$ , то  $\lim_{g \rightarrow 0} Q_u = \frac{1}{t_{nom}}$ , т.е. в данном случае цикловая

производительность при увеличении степени дифференциации операций ограничивается внецикловыми потерями одного операционного комплекса.

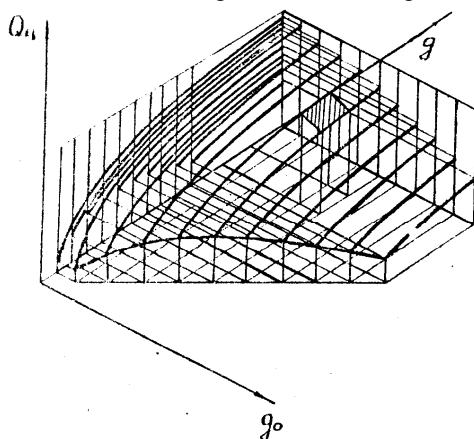


Рис.5 . Изменения цикловой производительности при различной степени дифференциации и концентрации операций [1].

На (рис.5) показана в общем виде изменения цикловой производительности при изготовлении группы изделий.

Создавая автоматические линии, необходимо реально представлять пути повышения производительности, что невозможно без анализа влияния дифференциации и концентрации на производительность автоматических линий. Это даст возможность выбора оптимальной степени дифференциации и концентрации операций и наивыгоднейшего числа позиций машин и автоматических линий [3].

На примерах покажем влияние степени дифференциации и концентрации на производительность. Принимаем технологический процесс для последовательного агрегатирования в котором  $t_1=15$  мин.;  $t_2=30$  мин.;  $t_3=20$  мин.;  $t_4=40$  мин.;  $t_5=35$  мин.;  $t_6=20$  мин. При этом примем потери на входе цикла  $q$  и на выходе  $q'$  в размере 20 мин

Начало операций	$q_1=20$ мин потери	15 мин	30 мин	20 мин	40 мин	35 мин	20 мин	$q'=20$ мин потери	Конец операций
$T_u = 160$									

Рис.6. Схема последовательного агрегатирования

Как видно из рис.6 мы имеем цикловые потери  $q=40$  мин. при  $T_u = 160$  мин.

Рассмотрим технологический процесс при параллельном агрегатировании (рис. 7).

$q_1=20$ мин	15 мин	$q'=20$ мин	
$q_2=20$ мин	30 мин	$q'=20$ мин	
$q_3=20$ мин	20 мин	$q'=20$ мин	
$q_4=20$ мин	40 мин	$q'=20$ мин	
$q_5=20$ мин	35 мин	$q'=20$ мин	
$q_6=20$ мин	20 мин	$q'=20$ мин	
$T_u = 40$ мин			

Рис.7. Схема параллельного агрегатирования

Как видно  $T_u=40$  мин., т.е. сократилось в 4 раза, а цикловые потери возросли в шесть раз  $q=240$  мин.

Для параллельно – последовательного агрегатирования (рис.8) имеем  $T_u=55$  мин, при этом цикловые потери  $q=160$  мин.

$q_1=20$ мин	15 мин	30 мин	$q'=20$ мин
$q_2=20$ мин	40 мин	$q'=20$	
$q_3=20$ мин	35 мин	20 мин	$q'=20$ мин
$q_4=20$ мин	20 мин	$q'=20$ мин	
$T_u = 55$			

Рис.8. Схема параллельно - последовательного агрегатирования

В реальных условиях производства различные операции технологического процесса отличаются друг от друга по времени кроме этого цикловые потери тоже могут иметь различные значения. По этому необходимо в комплексе оценивать влияние этих потерь на производительность автоматизированных сборочных систем, а проводя рациональный синтез производственных структур можно прогнозировать на выходе эффективность работы всей технологической системы.

Список литературы: 1. Захаров Н.В. Построение рациональных автоматизированных сборочных технологических систем. К.-НМК ВО,1993, -48с. 2. Маталин А.А. Технология машиностроения. – Л.: Машиностроение, 1985.-496с. 3.Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1980.-592с. 4.Шаумян Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов.- М.: Машиностроение, 1973, -693с. 5. Шаумян Г.А. Автоматизация производственных процессов 1967.- 472с

Поступила в редколлегию 11.12.08